Lane Medical Library

Aus der Universitäts-Kinderklinik in Gießen
Direktor: Professsor Dr. H. Koeppe

Über die Abhängigkeit der Wirkung der Blutkatalase von der Konzentration der dabei verwendeten Wasserstoffsuperoxydlösung.

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER HESSISCHEN LUDWIGS-UNIVERSITÄT
ZU GIESSEN

VORGELEGT VON

JAKOB PLESSNER
AUS LODZ

GIESSEN 1929
Druckerei Justus Christ, Gießen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154005_0122

Aus der Universitäts-Kinderklinik in Gießen
Direktor: Professsor Dr. H. Koeppe

Über die Abhängigkeit der Wirkung der Blutkatalase von der Konzentration der dabei verwendeten Wasserstoffsuperoxydlösung.

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER HESSISCHEN LUDWIGS-UNIVERSITÄT
ZU GIESSEN

VORGELEGT VON

JAKOB PLESSNER
AUS LODZ

GIESSEN 1929
Druckerei Justus Christ, Gießen.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät zu Gießen.
Referent: Professor Dr. H. Koeppe.

Meiner lieben Frau gewidmet.

Die großen Fortschritte der chemischen Physiologie und der physikalischen Chemie neben allen anderen Zweigen der Naturwissenschaften sind nicht zum geringsten Teile dem Umstande zu verdanken, daß sich in der Erforschung der Erscheinungen immer neue Wege und Untersuchungsmethoden entwickelten, die das zu erforschende Objekt von immer wieder neuen Seiten anfaßten und so Schritt für Schritt der Erkenntnis wunderbarer Naturvorgänge den Weg ebneten. So begnügt sich die wissenschaftliche Forschung nicht allein mit der Wiedergabe der Erscheinungen, sondern sucht weiterforschend alle Bedingungen, von denen diese Erscheinungen abhängig sind, zu ergründen. Vor allem muß von dieser Voraussetzung ausgehend jede qualitative Beobachtung durch quantitative Messung ergänzt werden, um den Zusammenhang aller in Betracht kommenden Größen, wie Konzentration, Menge, Temperatur, Druck usw., zahlenmäßig zu erfassen. Dieser Richtung folgend, haben namhafte Forscher in den letzten drei Jahrzehnten nicht nur die Erklärung der Eigenschaften und Wirkungsweise mancher bereits bekannter Fermente gefördert, sondern auch neue Fermente entdeckt, die im Zusammenhang und Wechselwirkung mit anderen Fermenten stehend eine an sich unspezifische Wirkung entfalten. Unter den Fermenten — den organischen Katalysatoren —, die die Eigenschaft haben, chemische Reaktionen zu beschleunigen, verdient die Katalase wegen ihrer starken Wirkungsweise in vitro eine größere Beachtung. Die spezifische Wirkung der Katalase besteht in der Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds unter Entbindung inaktiven molekularen Sauerstoffs. Die Katalase findet sich in fast allen tierischen und allen pflanzlichen Zellen. Sie entsteht fortwährend im Organismus während seiner Organtätigkeit, spielt als Ferment im Chemismus des Lebens eine große Rolle. Die physiologische Bedeutung der Katalase ist trotz der vielen Theorien und Hypothesen noch sehr wenig geklärt. Chemisch rein konnte die Katalase infolge ihrer Labilität und ihres kolloidalen Charakters noch nicht dargestellt werden. Da nun die Katalase,

ähnlich wie andere Fermente, je nach ihrem Ursprung im Rahmen ihrer Wirksamkeit modifiziert ist, wäre es empfehlenswert, der Bezeichnung der Katalase noch diejenige des Ursprungs hinzuzufügen. Man könnte demnach von einer Hefe-Katalase, Hepato-Katalase, Lakto-Katalase, Blut-Katalase usw. sprechen. Im Folgenden soll — der gestellten Aufgabe entsprechend — nur von der Blut-Katalase die Rede sein.

Lange Zeit war man der Ansicht, daß die Zersetzung des H_2O_2 im Blut dem Haemoglobin zuzuschreiben sei und zwar dem darin befindlichen Eisen. Trotzdem Kobert und Schmidt bereits im Jahre 1872 behaupteten, daß das Haemoglobin, wiederholt gereinigt und kristallisiert, seine Fähigkeiten, H_2O_2 zu zersetzen verliert, war es dennoch erst Bergengrün im Jahre 1888, der beweisend darlegen konnte, daß nicht das Hb., sondern das Blutkörperchen Stroma der Träger des H_2O_2 zersetztenden Agens sei. Schließlich war es Senter, der 1903 mit der Mitteilung an die Öffentlichkeit trat, die Katalase des Blutes »rein« dargestellt zu haben und den Beweis führte, »daß die katalytische Substanz nicht im Stroma enthalten sei, sondern in die Lösung überginge«. Der Senter'schen rein dargestellten Katalase gab man auf Vorschlag von Ostwald den Namen »Haemase«. Ergänzend sei hinzugefügt, daß die Katalase-forschung seit hundert Jahren besteht, die grundlegenden Arbeiten gehen bis 1835 zurück und sind mit den Namen Schönbein, Berzelius, Jakobsohn, Loew, Bergengrün, Senter und Ostwald verknüpft.

Nach den kurz gefaßten Ausführungen über die Katalase im allgemeinen, wende ich mich meiner speziellen Aufgabe zu, in der ich versuche, einen Einblick in die Wirkungsweise der Katalase bei verschiedenen H_2O_2-Konzentrationen zu geben. Ich möchte hier Einiges kurz vorausschicken, was der Einführung und dem Verständnis meiner weiteren Darlegungen dienen soll.

»Nach Jolles hängt die Wirkung eines Katalysators, also z. B. die Menge des zersetzten H_2O_2, ab von der Temperatur, der Zeit der Einwirkung, den Zusätzen zum Reaktionsgemisch, der Konzentration des H_2O_2 und der Konzentration des Katalysators z. B. der Katalase. Wenn man eine Versuchsreihe anstellt, in der man alle Größen konstant hält, bis auf die Konzentration des Katalysators, so wird die zersetzte Menge nur mit der Menge des Katalysators variieren.« Faßt man diesen Satz allgemeiner, so kann man sagen:

Werden alle Faktoren konstant gehalten, bis auf einen Faktor, so wird die zersetzte Menge nur mit diesem einen Faktor variieren. Bei meinen Versuchsreihen ging ich demzufolge so vor, daß alle in Betracht kommenden Faktoren (wie Blutlösung, Temperatur, Zeit und Zusätze zum Reaktionsgemisch usw.) konstant gehalten wurden, bis auf die Konzentration des H_2O_2 als veränderlichen Faktor. Es wurden Konzentrationen von 0,25% H_2O_2 bis 15% H_2O_2 gewählt. Hierzu möchte ich noch bemerken: Bei fast allen bisher in der Literatur beschriebenen Untersuchungen über die Wirkungsweise der Blutkatalase fanden aus gleich zu erwähnenden Gründen stets sehr verdünnte H_2O_2 Lösungen Verwendung. Man war den Veröffentlichungen Senters folgend der allgemeinen Ansicht, daß bei Verwendung hoher Konzentrationen H_2O_2 die Katalasewirkung aufgehoben wird. Senter arbeitete bei seinen Untersuchungen mit sehr verdünnten H_2O_2 Lösungen und zwar nur bis $^1/_{1100}$ Mol. Gewicht, was einer Konzentration von 0,03% entspricht.

Ich zitiere Senter wörtlich: »Wenn man wenig Blut und verhältnismäßig starkes H_2O_2 verwendet, findet man, daß sich die Lösung während der Reaktion allmählich entfärbt, schließlich wird die Lösung völlig farblos und die Katalyse hört auf. Dieses Resultat stimmt mit den Beobachtungen von Schönbein, Bergengrün usw. überein und wird dadurch erklärlich, daß zu gleicher Zeit mit der Katalyse eine Oxydation des Katalysators stattfindet.«

Diese Ansicht Senters (daß der freiwerdende O_2 die Katalase oxydiert, vernichtet und unwirksam macht) scheint so einleuchtend, daß in der Zukunft von allen Untersuchern immer nur ganz schwache H_2O_2 Lösungen benutzt wurden. Trotz dieser bisher allgemein gültigen Anschauungen haben wir gewagt, zur Vervollständigung der Untersuchung über die Wirksamkeit der Blutkatalase an Versuche mit hohen H_2O_2 Konzentrationen heranzutreten.

Zwei Methoden sind zur Messung der Blutkatalase bekannt: Einmal die physikalisch-volumetrische Meßmethode, zum andern die chemische Titriermethode, je nachdem ob die entwickelte O_2-Menge oder der Rest des unzersetzten H_2O_2 gemessen wird. Bis zu Senter haben Jakobsohn, Loew und Raudnitz zur Untersuchung der Katalase eine Methode gewählt, die darin bestand, die entwickelte O_2-Menge physikalisch-volumetrisch in passender Weise zu messen. Auch Senter bediente sich zu seinen ersten

Untersuchungen dieser volumetrischen Methode, ging aber von dieser zur chemischen Titriermethode über, weil ihm diese genauer erschien, was bei den hochverdünnten H_2O_2-Lösungen, mit denen er arbeitete, auch der Fall ist. Senter verwarf diese physikalisch-volumetrische Methode auch deshalb, weil er fand, daß diese Apparate für eine exakte Arbeit unbrauchbar waren. Die Apparatur gestattete — nach Senters Ansicht — nicht, die gesamtentwickelte O_2-Menge zahlenmäßig zu erfassen, weil in den ersten Minuten ein großer Teil des gebildeten O_2 gerade im Beginn der stürmisch verlaufenden Reaktion verloren ging. Nicht allein aus diesem Grund verwarf Senter die physikalisch-volumetrische Methode, sondern er vertrat die Ansicht, daß »einerseits eine Übersättigung mit O_2 eintritt, wenn das die Flüssigkeit enthaltende Gefäß nicht geschüttelt werde, während andererseits der Einfluß der Gefäßwände einen unberechenbaren Faktor darstelle.« Senters Ansichen über die Unbrauchbarkeit der physikalisch-volumetrischen Methode wurden von der Mehrzahl der übrigen Forscher auf dem Gebiete »der Katalase« übernommen und diese Methode wurde in der Folgezeit kaum noch in der Literatur erwähnt. Senters Beispiel folgend, fand im allgemeinen nur noch die chemische Titriermethode Verwendung, die Senter zu allen späteren Untersuchungen benutzte.

Erst Koeppe-Gießen griff auf die in Ungnade gefallene physikalisch-volumetrische Methode zurück und konstruierte einen — von Heyse, Schellhase, Schmitt, ausführlich besprochenen — Apparat, der, die Fehlerhaftigkeit der früheren Apparate vermeidend, einem geschlossenen System entspricht und so die Hauptbedingungen erfüllt. Auf die ausführlichen Arbeiten von Heyse und Schmitt hinweisend, muß ich mich darauf beschränken, kurz die Brauchbarkeit, Zuverlässigkeit, Gleichberechtigung und Überlegenheit dieser Methode gegenüber der chemischen Titriermethode anzudeuten. Die von Heyse, Schmitt, Schellhase in Form von Inaugural-Dissertationen geschriebenen Arbeiten stammen aus der Universitäts-Kinderklinik Gießen. Bereits im Jahre 1907 arbeitete Schellhase zum erstenmal mit dem neuen Koeppe'schen Apparat. Heyse legte in seiner Arbeit 1922 nieder, daß die Bedingungen der Brauchbarkeit im strengsten Sinne durch den Koeppe'schen Apparat erfüllt werden. Da der Apparat ein in sich geschlossenes System darstellt, ist die Möglichkeit gegeben, ohne Verlust auch nur der geringsten Menge

Sauerstoff vom ersten Beginn der stürmisch einsetzenden Reaktion an, die gesamte entwickelte O_2-Gasmenge aufzufangen und zur Messung zu bringen, was bei den alten Methoden unmöglich war, wie ich weiter oben ausführte. Die Zuverlässigkeit wurde durch Parallelversuche erwiesen und fand ihre Bestätigung bei meinen und anderen Versuchen. Die Gleichberechtigung gegenüber der chemischen Titriermethode stellte Heyse durch sorgfältige vergleichende Parallelversuche zwischen der volumetrischen und Titriermethode fest. Darüber hinaus zeigte Schmitt in seiner Dissertation »über die Katalase des Blutes« 1928 beweisend, daß in verschiedener Hinsicht die Koeppe'sche volumetrische Methode der Titriermethode sogar überlegen ist. Neben der bedeutend einfacheren Handhabung an sich erstreckt sich die Überlegenheit der volumetrischen Methode auch speziell auf solche Untersuchungen, die darauf hinausgehen, das Ergebnis der Reaktion in jedem beliebigen, noch so kleinen Zeitabschnitt, ohne Unterbrechung des Versuches abzulesen. Diese Kontrolle in kleinen Zeitabschnitten (etwa von 5 zu 5 Minuten) ist besonders wichtig und unumgänglich für die zahlenmäßige Erfassung oder graphische Darstellung des schon erwähnten stürmischen Anfangsverlaufs der Katalasewirkung innerhalb der ersten Minuten und für die Prüfung des weiteren Verlaufs. Sie gestattet außerdem einen Einblick in die Dynamik der Katalasewirkung. Die titrimetrische Methode läßt dies nicht zu, man müßte denn den Versuch durch Zusatz von Säure abbrechen und jedesmal eine umständliche Titrationsrechnung vornehmen. Die Unterbrechung bedeutet aber das Ansetzen eines neuen Versuchs, neue Vorbereitung, neue Blutlösung, neue H_2O_2-Lösung. Der unvergleichliche Vorzug der volumetrischen Methode in dieser Hinsicht steht also außer Frage. Noch eine weitere Überlegung zeigt die Überlegenheit der physikalisch-volumetrischen Methode. Bei Verwendung hoher H_2O_2-Konzentration — bei den von mir durchgeführten Versuchsreihen bis zu 15 % H_2O_2-Lösung — scheidet die chemische Titriermethode aus folgendem Grunde aus. Untersuchungen über die Katalasewirkung bei hohen H_2O_2-Konzentratioen erfordern bei Benutzung der Titriermethode nicht nur große Mengen der hochprozentigen H_2O_2-Lösung (es müssen doch von der anfänglichen H_2O_2-Lösung viele Proben durch Titration entnommen werden), sondern es werden durch diese Entnahmen fortwährend die Konzentrationen (Aktionsvolumen) geändert, worüber wir gerade durch unsere Untersuchungen Aufschluß erhalten wollen.

Eine Besprechung des Koeppe'schen Apparates erübrigt sich, da erst jüngst von H. Schmitt eine ausführliche Beschreibung gegeben ist, auf die ich verweisen muß.

Zu meinen weiter unten zu beschreibenden Untersuchungen benutzte ich für je eine Versuchsreihe vier Koeppe'sche Apparate gleichzeitig. Der Grund dafür war, jede Versuchsreihe möglichst mit demselben Blut durchzuführen, um überhaupt brauchbare Vergleichswerte zu erhalten. Es ist bekannt, daß die Zusammensetzung des Blutes einigen Schwankungen unterworfen ist und mit der veränderten Zusammensetzung des Blutes ändert sich auch jedesmal der Katalasegehalt. Außerdem ist verständlich, daß bei gestandenem Blut — d. h. nicht frischem Blut — das den äußerlichen Einflüssen ausgesetzt war, wie Licht, Wärme, Schütteln usw. sehr wahrscheinlich der Katalasegehalt, wie ich in meinen Versuchen feststellen konnte, sich ändert. Mehr als vier Apparate gleichzeitig konnte ich nicht verwenden, weil erfahrungsgemäß eine größere Anzahl von Apparaten einer exakten Beobachtung nicht zugänglich sind. Als Blutkatalase nahm ich in allen Versuchsreihen außer in zwei besonders ausgeführten, mein eigenes Blut, das an den Versuchstagen morgens aus einer gut desinfizierten Fingerkuppe mittels Franke'schen Schneppers entnommen wurde. Die Blutabmessung erfolgte stets mit ein und derselben 20 cmm Leitz-Pipette. Die entnommenen 20 cmm wurden jedesmal mit 50 ccm aqua destillata sterilisata verdünnt, so daß in der erhaltenen Blutlösung das Verhältnis zwischen Blut und aqua dest. 2 : 5000 war. Da von den 50 ccm Blutlösung ein Teil (20 cm^3) sofort, der gestandene Restteil etwa 5 Stunden später zur nächsten Versuchsreihe verwendet wurde, differieren die Zahlen in den einzelnen Tabellen der Einzelversuche trotz gleicher Menge Blutlösung (Katalase) und gleicher H_2O_2-Konzentration in gewissen Grenzen.

Als H_2O_2 fand Verwendung Merk'sches Perhydrol, rein, säurefrei. Ich betone »rein, säurefrei«, weil das Merk'sche Perhydrol für Tropen sich vomPerhydrol »rein, säurefrei« dergestalt unterscheidet, daß es einen hemmendenEinfluß auf die Katalasewirkung ausübt, wie Jost in seiner Dissertation »Zur Methodik der Katalasebestimmung« feststellte. Vor Beginn jeder meiner Versuchsreihen wurde immer eine frische H_2O_2-Lösung hergestellt, um auch in dieser Hinsicht unter einwandfreien Bedingungen zu arbeiten. Als Gefäße, in denen zu Beginn der Reaktion die Blutlösung und die zu untersuchende H_2O_2-Lösung

zusammengebracht wurden, dienten bei meinen Hauptversuchen Zylinderkölbchen von 20 ccm Inhalt. Die Benutzung solcher kleinen Kölbchen hatte folgenden Grund: Nach Senter tritt bei Arbeit mit hohen H_2O_2-Konzentrationen, wie vorher erwähnt, eine Übersättigung und hierdurch eine erfolgende Oxydation der Blutlösung mit O_2 ein, die ein Aufhören der Katalasewirkung zur Folge hat. Senter experimentierte, bevor er die physikalisch-volumetrische Methode als unbrauchbar verließ, mit großen Erlenmeyerkolben (bis zu 1000 ccm Inhalt) und großen Katalasenmengen (bis zu 300 ccm Hämase). Von mir wurden — wie gesagt — kleine 20 ccm Zylinderkölbchen verwendet. Durch das 10 ccm Blutlösungwasserstoffsuperoxydgemisch und den verschließenden Gummipfropfen wurde der Luftraum über dem Flüssigkeitsspiegel auf ein Minimum reduziert. So mußte das sich bildende O_2-Gas — ohne daß sich größere Mengen ansammeln könnten — ziemlich schnell und gleichmäßig in Form kleiner Gasblasen in die zur Messung bestimmte Bürette eintreten. Es wurde also die von Senter angegebene Übersättigung und Oxydation der Blutlösung vermieden. Die Benutzung kleiner Zylinderkölbchen hatte noch folgenden Vorzug. Durch das schnelle, gleichmäßige Eintreten der gebildeten Gasbläschen wurde allein ermöglicht, den Reaktionsverlauf in den kleinsten Zeiteinheiten graphisch in einer Reaktionsverlaufskurve festzuhalten. Eine sprunghafte und zeitlich ungleichmäßige Ansammlung des O_2 in der Meßbürette, die bei Bildung großer Gasblasen geschehen wäre, hätte solche wichtigen Beobachtungen niemals zugelassen.

Um die Einwirkung von Temperatur und Licht, die unberechenbare Faktoren abgeben, nach Möglichkeit auszuschalten, wurde die Temperatur des Arbeitsraumes und des Wassers, in dem die Zylinderkölbchen standen, konstant gehalten, und der Zutritt des Lichts wurde vermieden, einerseits durch Abblendung des Tageslichts, andererseits durch vollständig schwarze Umhüllung der das Reaktionsgemisch enthaltenden Gefäße. Es wurde also ein einwandfreies, exaktes Arbeiten dadurch gesichert, daß möglichst alle Fehlerquellen und störenden Einflüsse beseitigt wurden.

Ehe ich an meine eigentliche Aufgabe herantrat, prüfte ich selbstverständlich die nach dem Koeppe'schen Prinzip zusammengestellte Apparatur auf ihre Funktionstüchtigkeit. Hierbei kam zuerst in Betracht, daß nicht nur die Apparate an sich richtig zusammen-

gestellt waren, sondern auch daß die Abdichtung der einzelnen Teile (Hähne, Klemmen) untereinander so einwandfrei war, daß jeder Apparat ein in sich geschlossenes System bildete. Auch das Kalibrieren der Pipetten und Büretten wurde vorgenommen. Das gleichmäßige, zuverlässige Arbeiten der Apparate für sich und untereinander wurde durch verschiedene Parallelversuche geprüft, die unter gleichen Bedingungen erfolgten. Die gefundenen Werte während des Verlaufs der Parallelreaktionen und die Endergebnisse stimmten gut überein. Die Fehlergrenzen waren so gering, daß man ihnen keine Bedeutung zuschreiben kann, sie hielten sich durchweg unter 1 ccm.

Anschließend sei gesagt, daß alle meine Untersuchungen bis auf einige vergleichende Versuche unter den günstigsten Bedingungen stattfanden. Es kam zur Verwendung: als Verdünnungsflüssigkeit aqua destillata sterilisata, ferner Perhydrol, Merk rein, säurefrei, die Temperatur wurde von 18—22° C. gehalten, alles Faktoren, die optima für die Katalasewirkung sind.

Die Versuchsanordnung und die Tätigkeit während der Hauptversuche sahen folgendermaßen aus: vier Apparate nebeneinander. In den vier Zylinderkölbchen stets dieselbe Menge der Blutlösung, bestehend aus 2 cmm Blut in 5 ccm aqua destillata sterilisata gelöst. Nachdem aus den vier Pipetten H_2O_2-Lösungen in der Menge von 5 ccm aber verschiedener Konzentration in die Kölbchen hineingelassen war, begannen die Reaktionen. Durch das Zulassen von 5 ccm H_2O_2 in die Kölbchen wurde naturgemäß 5 ccm Luft aus den Kölbchen in die Büretten getrieben und aus diesen wiederum 5 ccm Wasser verdrängt. Da der Wasserstand in den Büretten vor Beginn der Reaktion nicht immer auf 0 ccm eingestellt war, stellte sich nach Verdrängung der 5 ccm Wasser der Wasserstand nicht immer auf denselben Teilstrich ein. Dadurch erklärt es sich, daß in den später folgenden Tabellen die Anfangszahlen unter der Rubrik »Wasserstand in der Bürette« nicht identisch sind. 5 Minuten nach Beginn der Reaktion wurde die Menge des entwickelten O_2 in ccm an allen vier Büretten abgelesen und die Zahl notiert, nach 5 Minuten wieder und so jede weiteren 5 Minuten innerhalb der nächsten 2 Stunden. Nach Ablauf zweier Stunden blieben die Reaktionen noch 2 Stunden ohne Beobachtung, dann wurde das Gesamtergebnis abgelesen, notiert und die Reaktionen abgebrochen. Auf diese Weise dauerte jede Versuchsreihe vier Stunden.

Da — wie schon mehrmals gesagt — eine Versuchsreihe aus 4 Apparaten bestand, in denen sich gleichzeitig 4 Reaktionen abspielten, so war es möglich, bereits in 2 Versuchsreihen die Abhängigkeit der Wirksamkeit derselben Menge Blutkatalase von H_2O_2-Konzentrationen in der Höhe von 0,25%, 0,5%, 1%, 2%, 4%, 8% und 15% zur Beobachtung zu bringen.

Aus 15 Versuchsreihen wird eine ausführliche Besprechung nur für 2 Versuchsreihen gegeben, die als typische Beispiele meiner Versuchsresultate dienen. Weitere Tabellen lasse ich nur zum Vergleich und zum Beweis der strengen und einwandfreien Beobachtung folgen.

In Bezug auf die Versuchsprotokolle ist zu erwähnen, daß in der 3. Horizontalspalte der Tabellen die Konzentration der zur Blutlösung zufließenden H_2O_2-Lösung vermerkt ist. Da die Blutlösung in derselben Menge vorhanden ist, wird die H_2O_2-Lösung von der Blutlösung zur Hälfte verdünnt, die Katalase wirkt also in Wirklichkeit nur auf die halbe Konzentration ‹z. B. nicht auf die zufließende 1% Lösung, sondern auf 0,5% Lösung›, so daß in allen Tabellen die halbe Prozentzahl der in der 3. Horizontalspalte angegebenen H_2O_2-Konzentrationen anzunehmen ist.

Versuchsreihe I_1

Blut (Katal.)		2 ccm		2 ccm		2 ccm		2 ccm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	0,5%	5 ccm	1%	5 ccm	2%	5 ccm	4%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O^2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
11′	0	4,4		5,—		5,1		4,9		Temperatur 21° C.
	5	6,3	1,9	8,1	3,1	8,—	2,9	6,—	1,1	
	10	8,5	2,2	12,2	4,1	11 —	3 —	7,8	1,8	
	15	9,8	1,3	14,8	2,6	13,4	2,4	9,6	1,8	
	20	10,5	0,7	16,3	1,5	15,—	1,6	11,5	1,9	
	25	10,9	0,4	17,2	0,9	16,1	1,1	12,9	1,4	
	30	11,1	0,2	17,6	0,4	16,8	0,7	14,—	1,1	
	35	11,3	0,2	18,—	0,4	17,3	0,5	14,7	0,7	
	40	11,5	0,2	18,2	0,2	17,7	0,4	15,2	0,5	
	45	11,6	0,1	18,3	0,1	17,9	0,2	15,7	0,5	
	50	—		18,4	0,1	18,1	0,2	15,9	0,2	
	55	—		18,5	0,1	18,2	0,1	16,1	0,2	
12′	60	—		—		18,3	0,1	16,3	0,2	
	65	—		18,6	0,1	18,4	0,1	16,4	0,1	
	70	—		—		18,5	0,1	16,5	0,1	
	75	—		—		—		16,6	0,1	
	80	—		—		—		16,7	0,1	
	85	—		—		18,6	0,1	16,8	0,1	
	90	—		—		—		—		
	95	—		—		—		16,9	0,1	
	100	—		—		—		—		
	105	—		—		18,7	0,1	17,—	0,1	
	110	—		—		—				
	115	—		—		—				
13′	120	—		—		—				
15′		—		—		18,8	0,1	17,5	0,5	
			7,2		13,6		13,7		12,6	

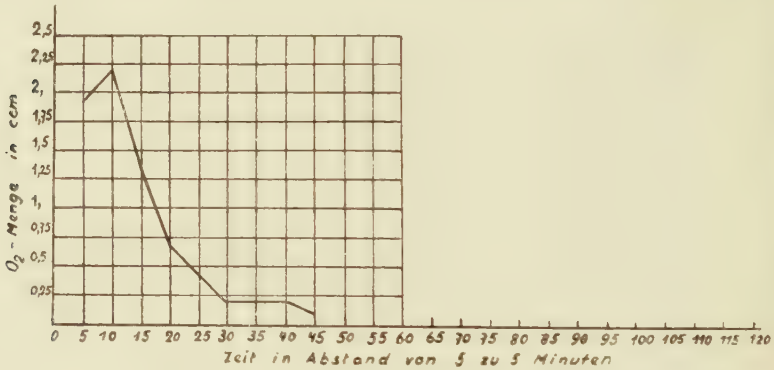
Versuchsreihe II 1

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	4%	5 ccm	8%	5 ccm	16%	5 ccm	30%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
15^{40}	0	4,7		5,—		5,3		4,9		Temperatur 21° C.
	5	5,3	0,6	5,5	0,5	5,8	0,5	5,2	0,3	
	10	6,4	1,1	6,3	0,8	6,6	0,8	5,6	0,4	
	15	7,9	1,5	7,1	0,8	7,2	0,6	5,9	0,3	
	20	9,1	1,2	7,7	0,6	7,7	0,5	6,1	0,2	
	25	10,—	0,9	8,3	0,6	8,2	0,5	6,3	0,2	
	30	10,7	0,7	8,9	0,6	8,6	0,4	6,5	0,2	
	35	11,1	0,4	9,3	0,4	8,9	0,3	6,6	0,1	
	40	11,5	0,4	9,7	0,4	9,1	0,2	6,7	0,1	
	45	11,9	0,4	9,9	0,2	9,3	0,2	6,9	0,2	
	50	12,1	0,2	10,1	0,2	9,5	0,2	7,1	0,2	
	55	12,3	0,2	10,3	0,2	9,7	0,2	7,3	0,2	
	60	12,4	0,1	10,4	0,1	9,8	0,1	7,4	0,1	
	65	12,5	0,1	10,5	0,1	9,9	0,1	7,5	0,1	
	70	12,6	0,1	10,6	0,1	10,—	0,1	7,6	0,1	
	75	12,7	0,1	10,7	0,1	10,1	0,1	7,7	0,1	
	80	—		10,8	0,1	10,2	0,1	7,8	0,1	
	85	12,8	0,1	10,9	0,1	10 3	0,1	7,9	0,1	
	90	—		—	—	10,4	0,1	8,—	0,1	
	95	12,9	0,1	11,—	0,1	10,5	0,1	8,1	0,1	
	100	—		—		10,6	0,1	8,2	0,1	
	105	—		11,1	0,1	10,7	0,1	8,3	0,1	
	110	—		—	—	—		8,4	0,1	
	115	13.—	0,1	11,2	0,1	10,8	0,1	8,5	0,1	
17^{40}	120	—		—		—		8,6	0,1	
19^{40}		13,7	0,7	11,8	0,6	11,8	1,—	11,6	3,—	
			9.—		6,8		6,5		6,7	

Zuerst bringe ich den Verlauf der einzelnen Reaktionen nacheinander, mit der H_2O_2-Konzentration 0,25% beginnend. Zum Verständnis des Folgenden muß ich hinzufügen, daß unter dem Wort »Zeiteinheit«, das in der Besprechung angewendet wird, die bei meinen Untersuchungen benutzte Beobachtungszeit, jeweils von 5 zu 5 Minuten, zu verstehen ist.

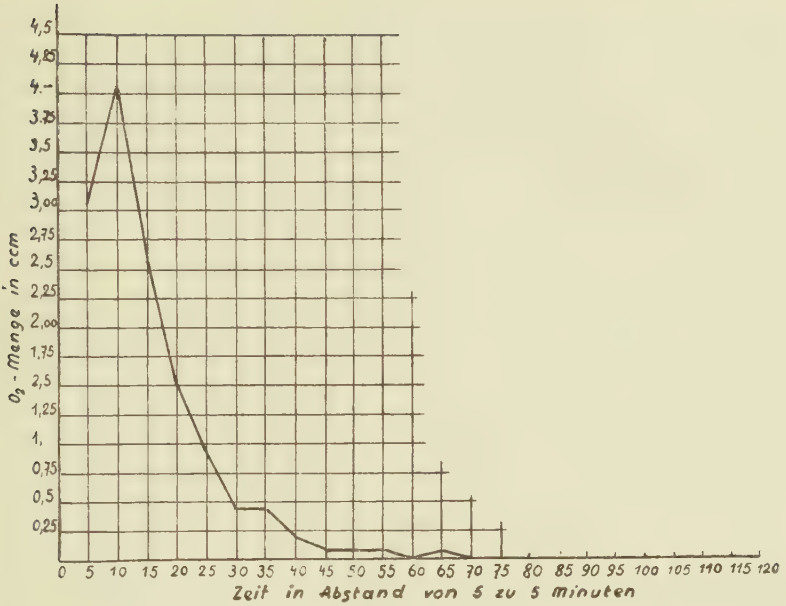
0,25% H_2O_2-Konzentration.

Wir sehen, daß bei einer H_2O_2-Konzentration von 25% in der ersten Zeiteinheit eine ziemlich lebhafte O_2-Entwicklung stattfindet (1,9 ccm), die in der zweiten Zeiteinheit noch ansteigt (2,2 ccm) und das Optimum erreicht. In der dritten Zeiteinheit wird schon weniger O_2 gebildet, und in den folgenden Zeiteinheiten fällt die O_2-Entwicklung ab. Bereits mit der 9. Zeiteinheit hört die Katalyse vollkommen auf. Die insgesamt entwickelte O_2-Menge beträgt 7,2 ccm. Die graphische Darstellung des eben besprochenen Reaktionsverlaufs, die ein recht eindruckvolles Bild gibt, zeigt folgende Kurve:



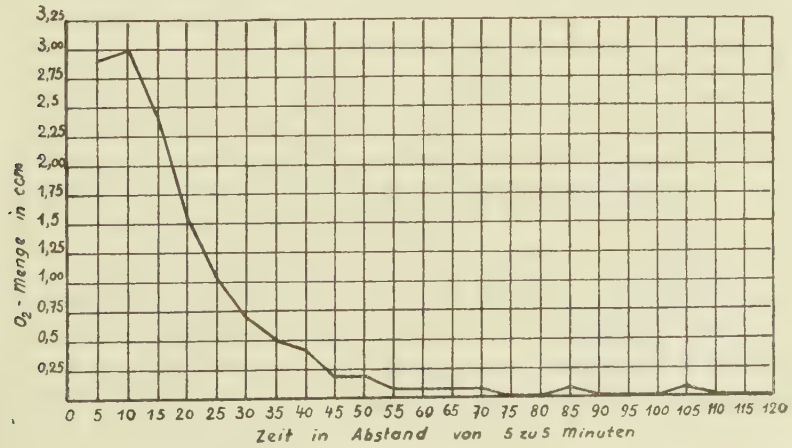
0,5% H_2O_2-Konzentration.

Bei einer Konzentration von 0,5% ist bereits in der ersten Zeiteinheit eine sehr lebhafte O_2-Entwicklung (3,1 ccm) zu beobachten, die in der 2. Zeiteinheit noch stärker wird (4,1 ccm). Der Reaktionsverlauf ist stürmisch, die O_2-Gasbläschen treten in rascher Folge in die Bürette ein. Das Optimum der sich innerhalb einer Zeiteinheit entwickelten O_2-Menge ist schon am Ende der 2. Zeiteinheit erreicht. In der 3. Zeiteinheit ist die Reaktion zwar noch lebhaft, aber die O_2-Entwicklung bleibt im Vergleich mit den ersten beiden Zeiteinheiten zurück. In den nächstfolgenden Zeiteinheiten sinkt die gebildete O_2-Menge immer mehr ab, um von der 9. Zeiteinheit ab konstant auf 0,1 ccm zu bleiben. Mit der 65. Minute hört die Reaktion völlig auf. Insgesamt entwickelten sich 13,6 ccm O_2.



$1^0/_0$ H_2O_2-Konzentration.

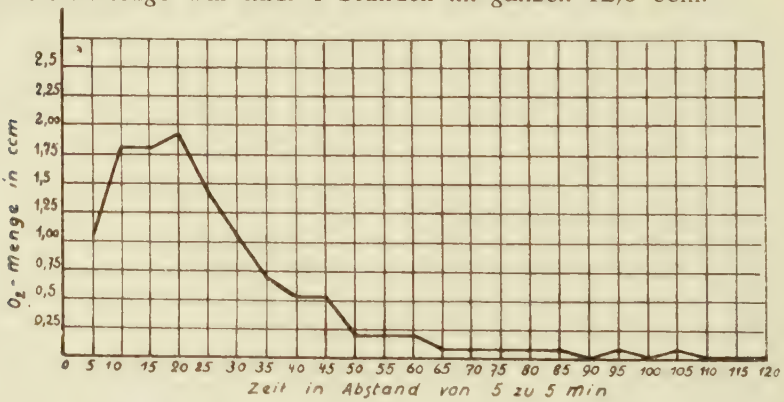
Über den Reaktionsverlauf bei $1^0/_0$ läßt sich fast dasselbe sagen, wie bei $0{,}5^0/_0$. Auch hier kommt es in der ersten Zeiteinheit zu einer lebhaften O_2-Bildung ⟨2,9 ccm⟩, die in der 2. Zeiteinheit mit einer kleinen Steigerung die gleiche bleibt ⟨3 ccm⟩. Die O_2-Entwicklung zeigt in der 3. Zeiteinheit auch hier einen Abfall und wird



mit jeder folgenden Zeiteinheit geringer, bis sie nach der 11. Zeiteinheit in eine nun bis zur 14. Zeiteinheit gleichbleibende ⟨0,1 ccm⟩ übergeht. Von da ab müssen bereits 3 Zeiteinheiten verstreichen, bis die O_2-Menge um 0,1 ccm zunimmt, dann 4 Zeiteinheiten und schließlich kommen in den folgenden 2 Stunden bis zum Abbruch der Reaktion nach 4 Stunden noch 0,1 ccm hinzu. Nach 4 Stunden betrug die O_2-Entwicklung 13,7 ccm.

2% H_2O_2-Konzentration.

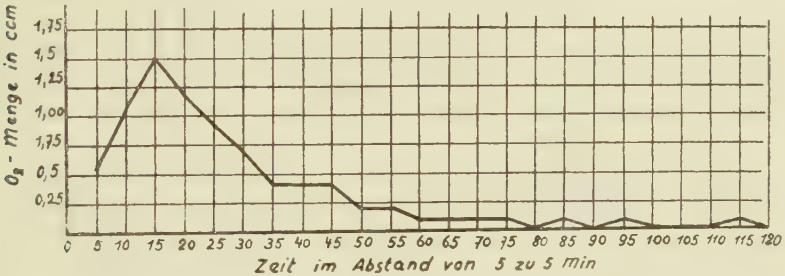
Auch bei einer Konzentration von 2% ist zu Beginn der Reaktion eine immerhin lebhafte, wenn auch geringere O_2-Entwicklung als bei den niedrigeren Konzentrationen zu beobachten ⟨1,1 ccm⟩. Die O_2-Entwicklung steigt bis zur 4. Zeiteinheit sprunghaft an und erreicht jetzt erst das Optimum ⟨1,9⟩. Von da ab kommt es zu einem Abfall, geht mit der 10. Zeiteinheit auf 0,2 ccm herunter, bleibt so während 3 Zeiteinheiten, sinkt dann auf die nun bis zur 85. Minute konstant bleibende Menge von 0,1 ccm. Die O_2-Bildung geht weiter vor sich, aber immer langsamer, es kommen jetzt nach 2 Zeiteinheiten erst 0,1 ccm O_2 hinzu. Von der 2. Stunde ab waren es noch 0,5 ccm O_2, die dazu kamen. Die entwickelte Sauerstoffmenge war nach 4 Stunden im ganzen 12,6 ccm.



Während die bisherige Besprechung der Tabellen sich auf Versuche mit frischem Blute bezog, folgt nun die Darlegung der Versuchsreihe II_1 mit demselben, aber gestandenen Blut. Hierzu sei nochmals bemerkt, daß gestandenes Blut eine schwächere Katalasewirkung entfaltet, wie man aus den zweimal durchgeführten Versuchen bei 2% vergleichend sehen kann.

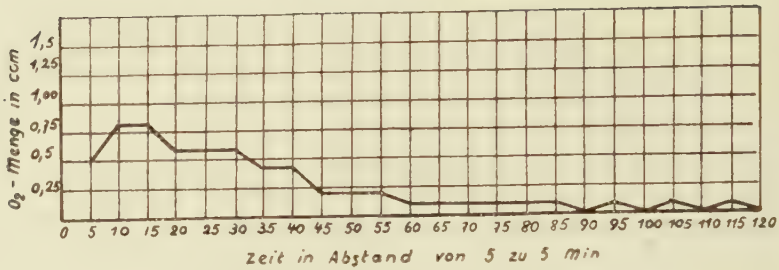
2% H_2O_2-Konzentration.

Die Ähnlichkeit des Verlaufs an sich bei 2% unter Verwendung gestandenen Blutes stimmt mit dem bisher gefundenen gut überein. Die Wirksamkeit der Blutkatalase erscheint hier von vornherein herabgesetzt. Die Anfangsentwicklung mit 0,6 ccm bleibt schon um 0,5 ccm gegenüber der Bildung von 1,1 ccm O_2 bei 2% und frischem Blut zurück. Die O_2-Entwicklung erfährt aber in den nächsten 2 Zeiteinheiten einen Anstieg und hat so mit der 3. Zeiteinheit ihr Optimum erreicht ⟨1,5 ccm⟩. Nun fällt die O_2-Bildung immer mehr wieder ab und geht mit der 12. Zeiteinheit längere Zeit in eine gleichmäßige über, bleibt mit 0,1 ccm auf derselben Höhe. Nach der 50. Zeiteinheit vergehen zweimal 2 Zeiteinheiten, dann 4 Zeiteinheiten, bis sich 0,1 ccm O_2 bildet. Nach Ablauf der 4. Stunde kommen noch 0,7 ccm O_2 hinzu. Insgesamt konnten 9 ccm O_2 abgelesen werden.



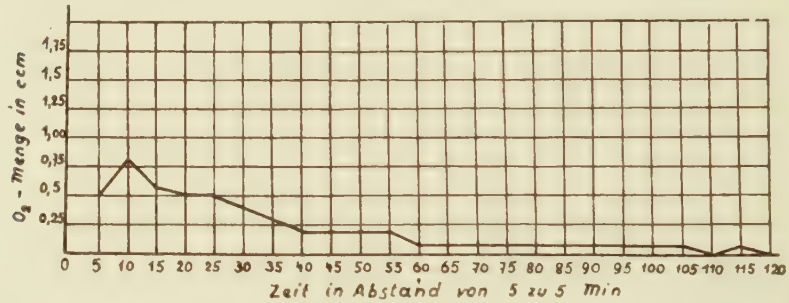
4% H_2O_2-Konzentration.

Bei 4% zeigt sich der gleiche Reaktionsmodus, nur ist die O_2-Entwicklung sowohl der 1. Zeiteinheit, als auch die Gesamtbildung im Vergleich zu der niedrigeren Konzentration geringer. Die O_2-Entwicklung ist in der 1. Zeiteinheit mäßig ⟨0,5 ccm⟩, zeigt in der 2. Zeiteinheit einen Anstieg ⟨0,8 ccm⟩, bleibt in der 3. Zeiteinheit auf der gleichen Höhe und erreicht damit das Optimum. In allen folgenden Zeiteinheiten kommt wieder der charakteristische Abfall, hält sich dann über mehrere Zeiteinheiten auf 0,2 ccm, sinkt dann auf 0,1 ccm ab, um auf lange Zeit konstant zu bleiben. In der 3. und 4. Stunde werden noch 0,6 ccm O_2 entwickelt. Die Gesamtentwicklung beträgt 6,8 ccm O_2.



8% H_2O_2-Konzentration.

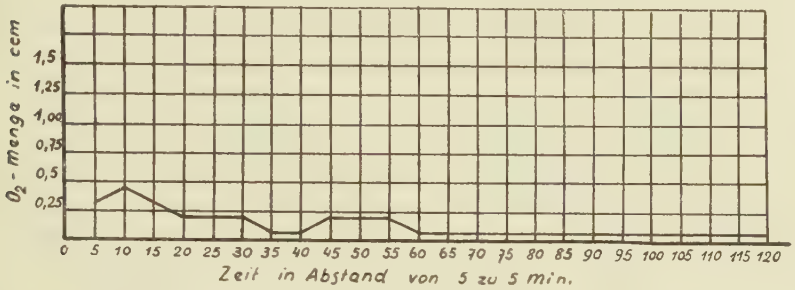
Der Reaktionsverlauf bei 8% stimmt mit dem bei 4% selbst bis auf die Einzelheiten fast überein. Die Anfangsentwicklung sowie der Anstieg in der 2. Zeiteinheit ist mit 0,5 ccm und 0,8 ccm sogar identisch. In der 3. Zeiteinheit geht die O_2-Bildung herunter ⟨0,6 ccm⟩, steht aber noch über der Entwicklung in der 1. Zeiteinheit, fällt dann im weiteren Verlauf stetig, wenn auch langsam ab und bleibt von der 8. bis 11. Zeiteinheit auf 0,2 ccm. Dann folgt das bei allen Versuchen wiederkehrende Stadium, in dem sich lange Zeit hindurch von 5 zu 5 Minuten 0,1 ccm O_2 bildet. Innerhalb der letzten 2 Stunden entwickelte sich noch 1,2 ccm O_2. Die Gesamtmenge beträgt 6,5 ccm O_2.



15% H_2O_2-Konzentration.

Bei 15% ist der hemmende Einfluß der H_2O_2-Konzentration auf die Wirksamkeit der Blutkatalase auffallend. In der 1. Zeiteinheit entwickelte sich eine kleine O_2-Menge ⟨0,3 ccm⟩. Die Entwicklung in der 2. Zeiteinheit ist etwas lebhafter ⟨0,4 ccm⟩, geht aber in der 3. Zeiteinheit auf die Anfangsentwicklung zurück ⟨0,3 ccm⟩, um dann auf 0,2 ccm und schließlich auf 0,1 ccm abzufallen und sehr lange konstant zu bleiben. Das Charakteristische bei 15% H_2O_2-Konzentration ist, daß von der 60. Minute ab bis

zum Abbruch des Versuchs innerhalb der einzelnen Zeiteinheiten gleichmäßig sich ein und dieselbe O_2-Menge entwickelt. Innerhalb der letzten 2 Stunden betrug die Entwicklung noch 3 ccm. Insgesamt wurden 6,7 ccm O_2 entwickelt.



Nach der vorstehenden Einzelbesprechung der Wirksamkeit der Blutkatalase bei 7 verschiedenen H_2O_2-Konzentrationen ist es zweckmäßig, um die Dynamik der Blutkatalase noch verständlicher zu machen, einen Vergleich der Reaktionen in den Versuchsreihen I_1 und II_1 innerhalb derselben Zeiteinheiten folgen zu lassen. Betrachten wir vergleichend die Sauerstoffentwicklung in der 1. Zeiteinheit, so ist deutlich zu ersehen, daß bei einer Konzentration von 0,5 % und 1 % die relativ größte Sauerstoffmenge gebildet wird. Die schwächeren ⟨0,25 %⟩ sowie auch die stärkeren Konzentrationen ⟨2 %, 4 %, 8 %, 15 %⟩ zeigen eine niedrigere O_2-Entwicklung, und zwar sinkt mit steigender Konzentration die O_2-Bildung. In der 2. Zeiteinheit beobachten wir durchgehend einen Anstieg, die Reaktion wird also lebhafter, und hier erkennen wir, daß bei 0,5 % und 1 % größere O_2-Mengen erreicht werden als bei schwächeren ⟨0,25 %⟩ und stärkeren Konzentrationen, bei welch letzteren wieder die O_2-Menge mit steigender Konzentration abfällt. Bei 0,5 % und 1 % H_2O_2-Lösung erreicht außerdem mit der 2. Zeiteinheit die Sauerstoffentwicklung die höchste Zahl ⟨4,1 und 3 ccm O_2⟩, die überhaupt innerhalb einer Zeiteinheit festgestellt wurde. Es ist also die maximale Leistungsfähigkeit der verwendeten Katalasemenge innerhalb einer Zeiteinheit. Weiterhin finden wir, daß mit der 2. Zeiteinheit bei allen Konzentrationen das Optimum der O_2-Entwicklung erreicht ist. Eine Ausnahme — für die Betrachtung ohne größere Bedeutung — stellen die beiden 2 % Konzentrationen dar, insofern, als hier das Optimum in die 3. bezw. in die 4. Zeiteinheit fällt.

Die 3. Zeiteinheit zeigt fast durchweg schon einen Abfall in der O_2-Entwicklung; wenn auch bei 2% der Versuchsreihe I_1 und 4% nochmals die gleiche O_2-Menge sich entwickelt, so ist jedenfalls nirgends ein weiterer Anstieg zu ersehen. Der Abfall ist bei 0,25%, 0,5% und 1% besonders deutlich und augenfällig, geht aber bei den hohen Konzentrationen nicht einmal unter die in der 1. Zeiteinheit gefundene Zahl herunter, ja bleibt sogar teilweise mit 0,1 ccm darüber. Auch in der 4. Zeiteinheit sinkt die O_2-Entwicklung weiter ab, mit Ausnahme bei 2% in der 1. Versuchsreihe ⟨frisches Blut⟩, wo jetzt erst das Optimum mit 1,9 ccm erreicht ist. Die H_2O_2-Konzentrationen unterhalb 2% zeichnen sich wieder durch starken Abfall aus, während die höheren Konzentrationen eine ganz geringe Differenz ⟨0,1 ccm⟩ aufweisen. Mit der 5. und den folgenden Zeiteinheiten nimmt die O_2-Entwicklung immer mehr ab, doch werden die Differenzen immer geringer, und schließlich wird überall die konstante Zahl von 0,1 ccm erreicht. Bei 0,25% kommt bereits mit der 9. Zeiteinheit und bei 1% mit der 11. Zeiteinheit die O_2-Entwicklung zum Stillstand. Bei den höheren Konzentrationen geht die Reaktion weiter, wird immer schwächer, es entwickelt sich jetzt nach 2, dann nach 3 und 4 Zeiteinheiten 0,1 ccm O_2. Bei 8% und hauptsächlich bei 15% geht die O_2-Bildung in eine gleichmäßige über, d. h. in allen folgenden Zeiteinheiten fast bis zum Abbruch der Versuche bleibt die O_2-Entwicklung auf derselben Höhe.

Während bisher der Reaktionsverlauf von 5 zu 5 Minuten berücksichtigt wurde, ist es zudem von größter Bedeutung, die nach 4 Stunden insgesamt entwickelte O_2-Menge bei den verwendeten H_2O_2-Konzentrationen, d. h. die Endzahlen oder Endresultate eingehend zu würdigen, um das Bild der Dynamik der Blutkatalase zu vervollständigen. Bevor jedoch eine solche Besprechung erfolgen kann, müssen die Einzelversuche unter sich verglichen und die aus ihnen gewonnenen Mittelwerte bestimmt werden, da die Endresultate der Versuchsreihe I_1 und der Versuchsreihe II_1 ein ungenaues Bild geben und zu nicht ganz richtigen Schlüssen Veranlassung geben würden. Die Tabellen der Einzelversuche wurden nach dem Gesichtspunkt aufgestellt, daß Reaktionen mit gleichen H_2O_2-Konzentrationen in je einer Tabelle vereinigt sind. Hierzu ist ergänzend vorauszuschicken, daß die kleinen Variationen, sowohl in Hinsicht der O_2-Entwicklung in den einzelnen Zeiteinheiten als auch der Endzahlen darauf zu-

rückzuführen ist, daß das einemal mit frischem Blut, das anderemal mit gestandenem Blut gearbeitet wurde, daß dazu Blut an verschiedenen Tagen entnommen wurde, und daß die Temperatur zwischen 18 und 22° C. schwankte. Die letzte Spalte in der Tabelle zeigt überdies den Verlauf bei 0° C. Der Sinn der Reaktion erfährt dadurch keine Änderung. Die Tabellen der Einzelversuche sehen so aus:

Tabelle I.

Einzelversuche für 0,25% H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen						
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.						
H_2O_2-Lös.	5 ccm 0,5%						
Einzel-Vers.	I	II	III	IV	V	VI	
Zeit Minuten	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	Bemerkungen
0							
5	0,7	1,9	1,3	1,5	1,1	0,1	Temperatur b. I—V 18—22°C. b. VI 0°C.
10	0,9	2,2	2,1	1,9	1,7	0,1	
15	0,8	1,3	1,2	0,8	1,4	0,2	
20	0,5	0,7	0,7	0,6	1.—	0,3	
25	0,5	0,4	0,6	0,5	0,8	0,2	
30	0,4	0,2	0,4	0,3	0,6	0,1	
35	0,2	0,2	0,4	0,2	0,5	0,1	
40	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	
45	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	
50	0,1	—	0,2	0,1	0,3	0,2	
55	—	—	0,1	0,1	0,2	0,1	
60	0,1	—	—	0,1	0,2	0,1	
65	—	—	0,1	0,1	0,1	0,1	
70	—	—	—	—	—	0,1	
75	0,1	—	0,1	—	0,1	—	
80	—	—	—	0,1	—	0,1	
85	—	—	—	—	—	—	
90	—	—	—	—	—	—	
95	—	—	—	—	—	—	
100	—	—	—	—	—	—	
105	—	—	—	—	—	0,1	
110	—	—	—	0,1	—	0,1	
115	—	—	—	—	—	—	
120	—	—	—	—	—	0,1	
120—240	—	—	—	—	—	—	
	4,6	7,2	7,7	6,8	8,8	2,3	

Mittelwert für 0,25% H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 6,2 ccm O_2.

Tabelle II.

Einzelversuche für 0,5 % H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen						
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.						
H_2O_2-Lös.	5 ccm 1 %						
Einzel-Versuche	I	II	III	IV	V	VI	
Zeit Minuten	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	Bemerkungen
0							
5	3,1	2,5	3,8	3,4	2,1	0,9	Temperatur bei I—V 18—22°C. b. VI 0°C.
10	4,1	3,5	4,2	4,1	2,5	1,1	
15	2,6	2,1	2,6	2,9	2,6	1,6	
20	1,5	1,3	1,7	1,8	2,1	1,7	
25	0,9	0,9	0,9	1,2	1,8	1,3	
30	0,4	0,6	0,6	0,9	2,1	1,2	
35	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	0,8	
40	0,2	0,3	0,3	0,4	0,8	0,8	
45	0,1	0,1	0,2	0,3	0,8	0,9	
50	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,9	
55	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,8	
60	—	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	
65	0,1	—	0,1	0,1	0,2	0,6	
70	—	0,1	—	0,1	0,1	0,5	
75	—	0,1	—	—	0,1	0,4	
80	—	—	—	0,1	0,1	0,4	
85	—	—	0,1	—	0,1	0,3	
90	—	0,1	—	—	0,2	0,3	
95	—	—	—	—	0,1	0,2	
100	—	—	—	0,1	0,1	0,2	
105	—	—	—	—	0,1	0,3	
110	—	0,1	—	—	0,1	0,2	
115	—	—	—	—	0,1	0,2	
120	—	—	—	—	0,1	0,1	
120—240	—	1,1	—	—	0,4	1,1	
	13,6	13,6	15,4	16,6	18,8	17,4	

Mittelwert für 0,5 % H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 15,9 ccm O_2.

Tabelle III.

Einzelversuche für 1% H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen						
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.						
H_2O_2-Lös.	5 ccm 2%						
Einzel-Versuche	I	II	III	IV	V	VI	
Zeit Stunden	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	Bemerkungen
0							
5	2,9	2,1	2,5	2,2	1,1	0,5	Temperatur bei I—V 18—22° C. b. VI 0° C.
10	3,—	3,5	3,7	3,6	2,5	0,5	
15	2,4	2,—	2,5	3,—	1,7	0,4	
20	1,6	1,3	1,5	2,4	1,5	0,4	
25	1,1	0,9	1,1	1,8	1,6	0,5	
30	0,7	0,6	0,8	1,—	2,3	0,5	
35	0,5	0,4	0,6	0,8	1,1	0,3	
40	0,4	0,3	0,4	0,5	1,1	0,4	
45	0,2	0,1	0,4	0,4	1,1	0,4	
50	0,2	0,1	0,2	0,4	1,—	0,4	
55	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,4	
60	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,3	
65	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	
70	0,1	—	0,1	0,1	0,3	0,4	
75	—	0,1	—	0,1	0,3	0,4	
80	—	—	0,2	—	0,3	0,3	
85	0,1	0,1	—	0,1	0,3	0,3	
90	—	—	—	—	0,4	0,4	
95	—	—	—	—	0,4	0,3	
100	—	—	—	0,1	0,4	0,3	
105	0,1	0,1	—	—	0,3	0,4	
110	—	—	0,1	—	0,3	0,3	
115	—	—	—	0,1	0,3	0,3	
120	—	—	—	—	0,2	0,3	
120—240	0,1	1,4	0,3	0,5	1,—	7,1	
	13,7	13,3	14,8	17,6	20,1	16,1	

Mittelwert für 1% H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 15,9 ccm O_2.

Tabelle IV.

Einzelversuche für 2% H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen						
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.						
H_2O_2-Lös.	5 ccm 4%						
Einzel-Versuche	I	II	III	IV	V	VI	
Zeit Minuten	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	Bemerkungen
0							
5	0,6	0,7	1.—	1,1	1,1	0,2	Temperatur bei I—V 18—22°C. b.VI 0° C.
10	1,1	1.—	1,9	1,8	1,7	0,3	
15	1,5	2,5	2,2	1,8	2.—	0,3	
20	1,2	1,3	1,2	1,9	1,6	0,3	
25	0,9	1,1	1.—	1,4	1,2	0,3	
30	0,7	1.—	0,8	1,1	1,1	0,3	
35	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,2	
40	0,4	0,4	0,3	0,5	0,8	0,2	
45	0,4	0,2	0,2	0,5	0,6	0,2	
50	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,2	
55	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	
60	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	
65	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	
70	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
75	0,1	0,1	—	0,1	0,2	0,2	
80	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	
85	0,1	—	—	0,1	—	0,2	
90	—	—	0,1	—	0,1	0,2	
95	0,1	—	—	0,1	—	0,2	
100	—	0,1	—	—	0,1	0,2	
105	—	—	—	0,1	—	0,2	
110	—	—	0,1	—	0,1	0,1	
115	0,1	0,1	—	—	—	0,2	
120	—	—	—	—	—	0,2	
120—240	0,7	0,3	1,4	0,5	0,5	5,4	
	9.—	10,2	11,5	12,6	13,7	10,7	

Mittelwert für 2% H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 11,3 ccm O_2.

Tabelle V.

Einzelversuche für 4% H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen						
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.						
H_2O_2-Lös.	5 ccm 8%						
Einzel-Versuche	I	II	III	IV	V	VI	
Zeit Minuten	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	Bemerkungen
0							
5	0,5	0,3	0,3	0,7	0,8	0,2	Temperatur bei I—V 18—22°C. b. VI 0°C.
10	0,8	0,4	0,5	0,9	1,2	0,1	
15	0,8	0,7	0,8	1,4	1.—	0,2	
20	0,6	0,8	0,6	0,8	0,7	0,2	
25	0,6	0,9	0,5	0,8	0,6	0,2	
30	0,6	0,6	0,3	0,7	0,5	0,2	
35	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2	
40	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	
45	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	
50	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	
55	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
60	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	
65	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
70	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
75	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
80	0,1	0,1	0,1	—	0,1	0,2	
85	0,1	0,1	—	0,1	0,1	0,1	
90	—	—	0,1	0,1	0,1	0,1	
95	0,1	0,1	—	—	0,1	0,1	
100	—	0,1	0,1	—	0,1	0,1	
105	0,1	—	—	0,1	—	0,2	
110	—	—	—	0,1	0,1	0,1	
115	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	—	—	—	0,1	—	0,1	
120—240	0,6	0,6	2,2	1,1	0,9	2,9	
	6,8	6,9	7,3	8,9	8,1	6,3	

Mittelwert für 4% H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 7,4 ccm O_2.

Tabelle VI.

Einzelversuche für 8% H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen						
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.						
H_2O_2-Lös.	5 ccm 16%						
Einzel-Versuche	I	II	III	IV	V	VI	
Zeit Minuten	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	entwick. O_2 in ccm	Bemerkungen
0							
5	0,5	0,3	0,8	0,8	0,4	0,2	Temperatur bei I–V 18–22° C. b. VI 0° C.
10	0,8	0,5	0,9	0,9	0,4	0,2	
15	0,6	0,5	0,7	0,8	0,5	0,2	
20	0,5	0,5	0,7	0,6	0,4	0,2	
25	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,1	
30	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1	
35	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	
40	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	
45	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	
50	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	
55	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	
60	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	
65	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	
70	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
75	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
80	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
85	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
95	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	
100	0,1	0,1	0,1	0,1	–	0,1	
105	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
110	–	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
115	0,1	–	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	–	0,1	–	0,1	0,1	0,1	
120–240	1.–	2,5	1,6	1,3	1,8	2,6	
	6,5	7,2	8,1	7,7	7,–	5,7	

Mittelwert für 8% H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 7,– ccm O_2.

Tabelle VII.

Einzelversuche für 15% H_2O_2-Konzentration.

Blut (Katal.)	2 cmm an verschiedenen Tagen entnommen								
Verdünn.-Flüssigk.	5 ccm aqua dest. sterilis.								
H_2O_2-Lös.	5 ccm 30%								
Einzel-Versuche	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Zeit Minuten	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	entwick. O_2 i. ccm	Bemerkungen
0									
5	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,6	0,1	Temperatur bei I—VII 18—22°C. bei VIII 0° C.
10	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,2	
15	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	
20	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	
25	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	
30	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	
35	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	
40	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	
45	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	
50	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	
55	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	
60	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	
65	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	
70	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	
75	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	
80	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	
85	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
90	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	
95	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	
100	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
105	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	
110	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	
115	0,1	0,1	0,1	0,1	—	0,1	0,1	0,1	
120	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
120—240	3.—	2,4	3,1	2,3	2,4	2,5	2,8	2,8	
	6,7	7.—	7,8	6,7	6,6	7,2	9,1	5,8	

Mittelwert für 15% H_2O_2-Konzentration bei 2 cmm Blut und 4 Stunden Reaktionsdauer = 7,1 ccm O_2.

In unseren Betrachtungen weiterschreitend ziehen wir die aus obigen Tabellen gefundenen Mittelwerte heran und besprechen die Bedeutung der Endresultate nach 4 Stunden Reaktionsdauer in Bezug auf die Dynamik der Blutkatalase. Wenn auch eine Reaktionsdauer von 4 Stunden besonders für die hohen H_2O_2-Konzentrationen nur einen Ausschnitt für die Katalasewirkung darstellt, so lassen sich doch schon schätzenswerte Überlegungen anstellen.

Das Endresultat bei 0,25% H_2O_2-Lösung beträgt im Mittelwert 6,2 ccm H_2O_2. Die Berechnung für 10 ccm 0,25% H_2O_2, die hier zur Verwendung kamen, zeigt, daß bei vollständiger H_2O_2-Zersetzung 8,2 ccm O_2 gebildet werden können.

1 ccm 1% H_2O_2 liefern 3,29 ccm O_2.

10 ccm 0,25% H_2O_2 $\frac{3{,}29 \cdot 10}{4}$ = 8,2 ccm O_2.

Diese Überlegung zeigt, daß der Versuch mit 0,25% H_2O_2-Konzentration eigentlich keinen Aufschluß über die Leistungsfähigkeit der 2 cmm Blutkatalase gibt. Es sind zwar von dem Blut eine größere Menge H_2O_2 zersetzt worden, aber es ist nur sehr wenig unzersetztes H_2O_2 vorhanden, wir wissen aber nicht, ob nicht doch noch die vorhandene Katalase weiter zersetzen würde. Diese Versuchsreihe mit 0,25% läßt sich deshalb mit den anderen Konzentrationen nicht vergleichen.

Bei 0,5% H_2O_2-Lösung ist das Endresultat 15,9 ccm O_2. Diese Zahl bedeutet die fast restlose H_2O_2-Zersetzung, d. h. nach Berechnung könnte die O_2-Entwicklung 16,5 ccm O_2 betragen.

Bei 1% H_2O_2-Lösung lautet das Endresultat 15,9 ccm O_2. Da nach Berechnung sich 32,9 ccm O_2 bilden könnten, tritt hier ein hemmender Einfluß nur auf die Katalasewirkung zutage, jedoch war die O_2-Entwicklung nach Ablauf der 4. Stunde noch nicht beendet, so daß man noch eine weitere, wenn auch geringe O_2-Bildung erwarten könnte.

Das Endresultat bei 2% H_2O_2-Konzentration — durch die Zahl 11,3 ccm O_2 belegt — läßt noch deutlicher den hemmenden Einfluß erkennen, der sich aber bei den höheren Konzentrationen noch stärker geltend macht und durch seine Gleichmäßigkeit auszeichnet.

So finden wir bei 4% H_2O_2-Konzentration als Endresultat 7,4 ccm O_2, bei 8% H_2O_2 7 ccm O_2 und bei 15% H_2O_2 die Zahl 7,11 O_2. Der hemmende Einfluß auf die Katalasewirkung ist also unverkennbar und besonders auffällig die fast vollständige Übereinstimmung der nach 4 Stunden gebildeten O_2-Menge bei 4%, 8% und 15% H_2O_2. Diese Ergebnisse, die durch Heranziehung der Mittelwerte aus den Tabellen I—VII der Einzelversuche gewonnen wurden, bringen einen unerwarteten, besonders wertvollen Aufschluß, der für die Dynamik der Blutkatalase von größter Bedeutung ist. Schon jetzt läßt sich sagen, daß bei den hohen H_2O_2-Konzentrationen nur ein kleiner Teil des im H_2O_2 gebundenen Sauerstoffs freigemacht wird, und daß trotz der erheblichen Konzentrationsunterschiede ⟨4%, 8%, 15%⟩ als Endresultat der O_2-Entwicklung schließlich die gleiche O_2-Menge resultiert, das überschüssige H_2O_2 unzersetzt bleibt.

Andererseits könnte man schließen: weil die Sauerstoffentwicklung durch 2 cmm Blut beim Abbruch des Versuchs ⟨Tabellen II—VII⟩ nach 4 Stunden noch nicht zum Abschluß gekommen war, könnte man bei dem langsamen Verlaufe der O_2-Entwicklung in diesen 4 Stunden annehmen, daß diese Zersetzung kontinuierlich weiterginge, bis kein H_2O_2 zu zersetzen ist. Die an sich weiter mögliche O_2-Entwicklung z. B. Zersetzung von 10 ccm einer 15%igen H_2O_2-Lösung würde 493,5 ccm O_2 liefern, dazu allerdings bis 400 Stunden brauchen.

Zur weiteren Aufklärung hierüber mögen die Versuche dienen, die in der Versuchsreihe I_2 und II_2, bei II_2 mit 13,5stündiger Beobachtungsdauer zusammengestellt sind.

Versuchsreihe I_2

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	0,5%	5 ccm	1%	5 ccm	2%	5 ccm	4%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O^2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
14^{30}	0	4,5		4,9		4,7		4,9		
	5	5,2	0,7	8,7	3,8	7,2	2,5	6,3	1,4	Temperatur 20° C.
	10	6,1	0,9	12,9	4,2	10,9	3,7	8,5	2,2	
	15	6,9	0,8	15,5	2,6	13,4	2,5	10,6	2,1	
	20	7,4	0,5	17,2	1,7	14,9	1,5	11,9	1,3	
	25	7,9	0,5	18,1	0,9	16,—	1,1	13,—	1,1	
	30	8,3	0,4	18,7	0,6	16,8	0,8	13,9	0,9	
	35	8,5	0,2	19,2	0,5	17,4	0,6	14,5	0,6	
	40	8,7	0,2	19,5	0,3	17,8	0,4	15—	0,5	
	45	8,8	0,1	19,7	0,2	18,2	0,4	15,4	0,4	
	50	8,9	0,1	19,9	0,2	18,4	0,2	15,8	0,4	
	55	—		20,—	0,1	18,5	0,1	16.—	0,2	
15^{30}	60	9,—	0,1	20,1	0,1	18,7	0,2	16,2	0,2	
	65	—		20,2	0,1	18,8	0,1	16,4	0,2	
	70	—		—		18,9	0,1	16,5	0,1	
	75	9,1	0,1	—	—	—		—		
	80	—		—		19,1	0,2	16,6	0,1	
	85	—		20,3	0,1	—		—		
	90	—		—		—		16,7	0,1	
	95	—		—		—		—		
	100	—		—		—		—		
	105	—		—		—		16,8	0,1	
	110	—		—		19,2	0,1	—		
	115	—		—		—		16,9	0,1	
16^{30}	120	—		—		—		—		
18^{30}	—	—		—		19,5	0,3	17,4	0,5	
			4,6		15,4		14,8		12,5	

Versuchsreihe II_2

Blut ⟨Katal.⟩		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	4%	5 ccm	8%	5 ccm	16%	5 ccm	30%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O^2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
19^{30}	0	5,—		5,—		5,2		5,—		
	5	6,1	1,1	5,7	0,7	5,8	0,6	5,5	0,5	Temperatur bis 21^{30} 20^0 C. b. Abbruch d. Vers. 14^0 C.
	10	7,8	1,7	6,6	0,9	6,4	0,6	6,1	0,6	
	15	9,8	2.—	7,9	1,3	7,4	1,—	6,5	0,4	
	20	11,4	1,6	9,2	1,3	8,2	0,8	6,8	0,3	
	25	12,6	1,2	10,2	1,—	9,—	0,8	7,—	0,2	
	30	13,7	1,1	11,1	0,9	9,5	0,5	7,3	0,3	
	35	14,5	0,8	11,8	0,7	10,—	0,5	7,6	0,3	
	40	15,3	0,8	12,4	0,6	10,3	0,3	7,9	0,3	
	45	15,9	0,6	12,9	0,5	10,6	0,3	8,2	0,3	
	50	16,4	0,5	13,4	0,5	10,8	0,2	8,5	0,3	
	55	16,8	0,4	13,7	0,3	11,—	0,2	8,8	0,3	
20^{30}	60	17,1	0,3	14,—	0,3	11,1	0,1	9,—	0,2	
	65	17,4	0,3	14,2	0,2	11,3	0,2	9,3	0,3	
	70	17,6	0,2	14,4	0,2	11,4	0,1	9,5	0,2	
	75	17,8	0,2	14,6	0,2	11,5	0,1	9,7	0,2	
	80	17,9	0,1	14,7	0,1	11,6	0,1	9,8	0,1	
	85	—		14,8	0,1	11,7	0,1	9,9	0,1	
	90	18,—	0,1	—		—		10,—	0,1	
	95	—		—		—		10,1	0,1	
	100	18,1	0,1	14,9	0,1	11,8	0,1	10,2	0,1	
	105	—		—		—		10,3	0,1	
	110	18,2	0,1	15,—	0,1	11,9	0,1	10,4	0,1	
	115	—		—		—		10,5	0,1	
21^{30}	120	—		15,1	0,1	12,—	0,1	10,6	0,1	
9^0 n. Tg.		18,7	0,5	18,2	3,1	17,8	5,8	18,—	8,—	
			13,7		13,2		12,6		13,6	

Es ergibt sich aus den Versuchen mit $13^1/_2$stündiger Beobachtungszeit die wichtige Tatsache, daß die O_2-Entwicklung bei hohen H_2O_2-Konzentrationen über längere Zeit verläuft. Bei der Betrachtung der Tabellen der Versuchsreihe II_2 ist weiter als wichtige Tatsache festzustellen: Bei genügend langer Einwirkung der Blutkatalase auf 4 verschiedene Konzentrationen H_2O_2-Lösungen ⟨$2^0/_0$, $4^0/_0$, $8^0/_0$, $15^0/_0$⟩ kommen schließlich Endergebnisse zustande, die eine überall gleiche O_2-Menge aufweisen, und zwar im Durchschnitt 13 ccm O_2, wobei zu bedenken ist, daß nun auch die Katalasewirkung auf die 4 verschiedenen H_2O_2-Lösungen aufgehört hat. Aus der $2^0/_0$ H_2O_2-Lösung wurden 13,7 ccm O_2, aus der $4^0/_0$ H_2O_2-Lösung 13,2, aus der $8^0/_0$ H_2O_2-Lösung 12,6 und aus der $15^0/_0$ H_2O_2-Lösung 13,6 ccm O_2 entwickelt. Dieses Resultat ist ganz besonders beachtenswert in Bezug auf die bisher geltende Anschauung, daß die Katalase durch hohe H_2O_2-Konzentrationen oxydiert und dadurch vernichtet wird. Bestände diese allgemeine Anschauung der Oxydierfähigkeit der Katalase zu Recht, so müßte die Oxydation und damit die Vernichtung der Katalase in der $15^0/_0$ H_2O_2-Lösung ganz erheblich schneller erfolgen, als in der $2^0/_0$ Lösung. Zwar sehen wir, daß die Anfangsreaktion in der 1. und 3. Zeiteinheit in der $2^0/_0$ H_2O_2-Lösung drei- und fünfmal größer ist als in der $15^0/_0$ H_2O_2-Lösung, der Endeffekt bei beiden ist jedoch gleich. Allerdings ist tatsächlich der Verlauf bei der $2^0/_0$ H_2O_2-Lösung ein anderer als bei der $15^0/_0$, aber von einer allmählichen Vernichtung der Katalase in den höheren Konzentrationen kann keine Rede sein. Wohl ist die Wirkungsweise derselben Menge Blutkatalase verschieden, die Gesamtleistung aber ist die gleiche. Sowohl in der $2^0/_0$ Lösung, wie in der $15^0/_0$ Lösung hört die Zersetzung von H_2O_2 erst dann auf, wenn die Kraft der Katalase, welche proportional der entwickelten O_2-Menge sein muß, erschöpft ist.

Was die Katalase als Katalysator im Ostwaldschen Sinne anbelangt, so sind wir in der Lage, nach den letzten Überlegungen schon einen bestimmten Schluß zu ziehen. Nach der Ostwaldschen Definition bedeutet die Katalyse eine Beschleunigung einer langsam verlaufenden Reaktion durch die Gegenwart eines durch den Vorgang unveränderlichen fremden Stoffes. Dieser Stoff heißt Katalysator. Da der Katalysator bei der Reaktion selbst nicht verändert wird, müßte er demnach ununterbrochen weiter wirken, bis nichts mehr

zum Zersetzen vorhanden ist. Bei unserer Katalase ist dagegen noch sehr viel H_2O_2 da, das zersetzt werden könnte, aber es wird tatsächlich nicht mehr zersetzt. Freilich wissen wir nicht, ob überhaupt beim Aufhören der Zersetzung noch Katalase vorhanden ist, oder ob sie nur leistungsfähig geworden ist.

Von diesen Überlegungen ausgehend kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Katalase nicht nur kein Katalysator im Ostwaldschen Sinne ist, sondern im Gegenteil ein Agens mit einer sich erschöpfenden Energie. Diese Schlußfolgerung konnte man aus der Beobachtung der Wirksamkeit der Blutkatalase in vitro hauptsächlich bei hohen Konzentrationen ziehen. Wie bereits erwähnt, werden durch hohe Konzentrationen die Reaktionen nur in ihrem zeitlichen Ablauf besonders im Anfang gehemmt, der Faktor »Zeit« wird nun unentbehrlich, um die O_2-Menge auf dieselbe Höhe zu bringen.

Als Ergebnis meiner Arbeit muß ich vor allem hervorheben, daß die Wirksamkeit der Blutkatalase durch hohe H_2O_2-Konzentrationen nicht aufgehoben wird. Diese Beobachtung, die ich in meinen 15 Versuchsreihen immer wieder machen konnte, hat mich schon bei den ersten Versuchen in das größte Erstaunen versetzt.

Charakteristisch für die Wirksamkeit der Blutkatalase ist weiterhin der Umstand, daß die Sauerstoffentwicklung nach gewisser Zeit in ein Stadium eintritt, in dem in fast allen Zeiteinheiten gleich große O_2-Mengen sich bilden. Senter fand dieses Merkmal bei ganz niedrigen H_2O_2-Konzentrationen, nämlich bei 0,03%, bei meinen Untersuchungen dagegen, die eine Ergänzung der bisherigen Kataloseforschung darstellen, fand ich diese Eigentümlichkeit der gleichmäßigen O_2-Entwicklung erst bei hohen Konzentrationen H_2O_2, besonders bei 15%. Dem ersten Anschein nach steht dieses Ergebnis mit der Meinung Senters in Widerspruch, der behauptete, daß hohe H_2O_2-Konzentrationen die Katalase zerstören. Wir sind uns aber darüber im Klaren, daß Senter unter ganz anderen Bedingungen und eben nicht mit hohen Konzentrationen gearbeitet hat und so zu anderen Resultaten kommen mußte. Die Senter'sche Annahme steht in keinerlei Widerspruch zu meinen Ergebnissen, die über die bisherigen Untersuchungen der Kataloseforschung hinaus etwas Neues in dem Sinne bringen, daß eine wertvolle Ergänzung und Weiterführung in einer bisher unbekannten und nicht für mög-

lich gehaltenen Richtung in den Untersuchungen und den daraus entstandenen Resultaten liegt.

Zum Schlusse dieser Darlegungen füge ich Tabellen über 8 Versuchsreihen zum Vergleich mit den ersten beiden Versuchsreihen an.

Versuchsreihe I_3

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	0,5%	5 ccm	1%	5 ccm	2%	5 ccm	4%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
10′	0	5,—		4,8		5,—		4,8		
	5	6,3	1,3	7,3	2,5	7,1	2,1	5,8	1,—	Temperatur 20° C.
	10	8,4	2,1	10,8	3,5	10,6	3,5	7,7	1,9	
	15	9,6	1,2	12,9	2,1	12,6	2,—	9,9	2,2	
	20	10,3	0,7	14,2	1,3	13,9	1,3	11,1	1,2	
	25	10,9	0,6	15,1	0,9	14,8	0,9	12,1	1,—	
	30	11,3	0,3	15,7	0,6	15,4	0,6	12,9	0,8	
	35	11,7	0,4	16,1	0,4	15,8	0,4	13,4	0,5	
	40	12,—	0,3	16,4	0,3	16,1	0,3	13,7	0,3	
	45	12,2	0,2	16,5	0,1	16,2	0,1	13,9	0,2	
	50	12,4	0,2	16,7	0,2	16,3	0,1	14,2	0,3	
	55	12,5	0,1	16,8	0,1	16,4	0,1	14,3	0,1	
11′	60	—		16,9	0,1	16,5	0,1	14,4	0,1	
	65	12,6	0,1	—		16,6	0,1	14,5	0,1	
	70	—		17,—	0,1	—		14,6	0,1	
	75	12,7	0,1	17,1	0,1	16,7	0,1	—		
	80	—		—		—		14,7	0,1	
	85	—		—		16,8	0,1	—		
	90	—		17,2	0,1	—		14,8	0,1	
	95	—		—		—		—		
	100	—		—		—		—		
	105	—		—		16,9	0,1	—		
	110	—		17,3	0,1	—		14,9	0,1	
	115	—		—		—		—		
12′	120	—		—		—		—		
14′		—		18,4	1,1	18,3	1,4	16,3	1,4	
			7,7		13,6		13,3		11,5	

Versuchsreihe II 3

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	4%	5 ccm	8%	5 ccm	16%	5 ccm	30%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O^2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
15'	0	4,8		5,1		5,2		5,1		
	5	5,5	0,7	5,8	0,7	5,9	0,7	5,7	0,6	Temperatur 20° C.
	10	6,5	1,—	6,7	0,9	6,6	0,7	6,2	0,5	
	15	9,—	2,5	8,1	1,4	7,7	0,1	6,6	0,4	
	20	10,3	1,3	8,9	0,8	8,4	0,7	6,9	0,3	
	25	11,4	1,1	9,7	0,8	9,—	0,6	7,2	0,3	
	30	12,4	1,—	10,4	0,7	9,5	0,5	7,6	0,4	
	35	12,9	0,5	10,8	0,4	9,8	0,3	7,9	0,3	
	40	13,3	0,4	11,2	0,4	10,1	0,3	8,3	0,4	
	45	13,5	0,2	11,4	0,2	10,3	0,2	8,6	0,3	
	50	13,8	0,3	11,6	0,2	10,5	0,2	8,9	0,3	
	55	14,—	0,2	11,8	0,2	10,6	0,1	9,2	0,3	
16'	60	14,1	0,1	12,—	0,2	10,7	0,1	9,4	0,2	
	65	14,2	0,1	12,1	0,1	10,8	0,1	9,6	0,2	
	70	14,3	0,1	12,2	0,1	10,9	0,1	9,8	0,2	
	75	14,4	0,1	12,3	0,1	11,—	0,2	10,—	0,2	
	80	14,5	0,1	—		11,1	0,1	10,2	0,2	
	85	—		12,4	0,1	11,2	0,1	10,3	0,1	
	90	—		12,5	0,1	11,3	0,1	10,5	0,2	
	95	—		—		11,4	0,1	10,7	0,2	
	100	14,6	0.1	—		11,5	0,1	10,8	0,1	
	105	—		12,6	0,1	11,6	0,1	11,—	0,2	
	110	—		12,7	0,1	11,7	0,1	11,2	0,2	
	115	14,7	0,1	12,8	0,1	—		11,3	0,1	
17'	120	—		12,9	0,1	11,8	0,1	11,4	0,1	
19'		15,—	0,3	14,—	1,1	13,9	2,1	14,2	2,8	
			10,2		8,9		8,7		9,1	

Versuchsreihe I_4

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	0,5%	5 ccm	1%	5 ccm	2%	5 ccm	4%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
11′	0	4,5		4,7		4,6		4,8		
	5	5,6	1,1	6,8	2,1	5,7	1,1	5,6	0,8	Temperatur
	10	7,3	1,7	9,3	2,5	7,2	2,5	6,4	0,8	18° C.
	15	8,7	1,4	11,9	2,6	8,9	1,7	7,5	1,1	
	20	9,7	1,—	14,—	2,1	10,4	1,5	8,5	1,—	
	25	10,5	0,8	15,8	1,8	12,—	1,6	9,8	1,3	
	30	11,1	0,6	17,9	2,1	14,3	2,3	11,6	1,8	
	35	11,6	0,5	18,8	0,9	15,4	1,1	12,9	1,3	
	40	12,—	0,4	19,6	0,8	16,5	1,1	13,7	0,8	
	45	12,4	0,4	20,4	0,8	17,6	1,1	14,4	0,7	
	50	12,7	0,3	20,9	0,5	18,6	1,—	15,—	0,6	
	55	12,9	0,2	21,4	0,5	19,3	0,7	15,6	0,6	
12′	60	13,1	0,2	21,7	0,3	19,9	0,6	16,2	0,6	
	65	13,2	0,1	21,9	0,2	20,2	0,3	16,6	0,4	
	70	—		22,—	0,1	20,5	0,3	17,—	0,4	
	75	13,3	0,1	22,1	0,1	20,8	0,3	17,3	0,4	
	80	—		22,2	0,1	21,1	0,3	17,8	0,4	
	85	—		22,3	0,1	21,4	0,3	18,2	0,4	
	90	—		22,5	0,2	21,8	0,4	18,6	0,4	
	95	—		22,6	0,1	22,2	0,4	18,8	0,2	
	100	—		22,7	0,1	22,6	0,4	19,—	0,2	
	105	—		22,8	0,1	22,9	0,3	19,2	0,2	
	110	—		22,9	0,1	23,2	0,3	19,4	0,2	
	115	—		23,—	0,1	23,5	0,3	19,5	0,1	
13′	120	—		23,3	0,1	23,7	0,2	19,6	0,1	
15′		—		23,5	0,4	24,7	1,—	20,8	1,2	
			8,8		18,8		20,1		16,—	

Versuchsreihe II_4

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	4%	5 ccm	8%	5 ccm	16%	5 ccm	30%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O^2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
16^{10}	0	4,9		4,9		4,9		5,2		
	5	5,2	0,3	5,2	0,3	5,2	0,3	5,4	0,2	Temperatur
	10	5,6	0,4	5,5	0,3	5,5	0,3	5,7	0,3	18° C.
	15	5,8	0,2	5,7	0,2	5,7	0,2	6,–	0,3	
	20	6,1	0,3	5,9	0,2	5,9	0,2	6,2	0,2	
	25	6,6	0,5	6,1	0,2	6,1	0,2	6,4	0,2	
	30	7,1	0,5	6,4	0,3	6,4	0,3	6,6	0,2	
	35	7,7	0,6	6,7	0,3	6,7	0,3	6,8	0,2	
	40	8,5	0,8	6,9	0,2	6,9	0,2	7,–	0,2	
	45	9,2	0,7	7,1	0,2	7,2	0,3	7,3	0,3	
	50	9,8	0,6	7,4	0,3	7,5	0,3	7,6	0,3	
	55	10,4	0,6	7,7	0,3	7,8	0,3	7,8	0,2	
17^{10}	60	10,9	0,5	8,1	0,4	8,1	0,3	8,–	0,2	
	65	11,4	0,5	8,5	0,4	8,4	0,3	8,1	0,1	
	70	11,9	0,5	8,9	0,4	8,7	0,3	8,3	0,2	
	75	12,4	0,9	9,2	0,3	8,9	0,2	8,5	0,2	
	80	12,9	0,5	9,5	0,3	9,1	0,2	8,6	0,1	
	85	13,3	0,4	9,7	0,2	9,3	0,2	8,7	0,1	
	90	13,6	0,3	9,9	0,2	9,5	0,2	8,8	0,1	
	95	13,9	0,3	10,–	0,1	9,6	0,1	9,–	0,2	
	100	14,1	0,2	10,1	0,1	9,7	0,1	9,1	0,1	
	105	14,2	0,1	10,2	0,1	9,8	0,1	9,3	0,2	
	110	14,3	0,1	10,3	0,1	9,9	0,1	9,4	0,1	
	115	14,4	0,1	10,4	0,1	10,–	0,1	9,5	0,1	
18^{10}	120	14,5	0,1	10,5	0,1	10,1	0,1	9,6	0,1	
20^{10}		15,3	0,8	12,5	2,–	11,4	1,3	11,9	2,3	
			10,4		7,6		6,5		6,7	

Versuchsreihe I_5

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	0,5%	5 ccm	1%	5 ccm	2%	5 ccm	4%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
15^{30}	0	4,5		5,—		4,6		4,5		
	5	—		5,9	0,9	5,1	0,5	4,6	0,1	Temperatur 0° C.
	10	4,6	0,1	7,—	1,1	5,6	0,5	4,7	0,1	
	15	4,7	0,1	8,6	1,6	6,—	0,4	4,9	0,2	
	20	4,9	0,2	10,3	1,7	6,4	0,4	5,1	0,2	
	25	5,2	0,3	11,6	1,3	6,9	0,5	5,3	0,2	
	30	5,4	0,2	12,8	1,2	7,4	0,5	5,5	0,2	
	35	5,5	0,1	13,6	0,8	7,7	0,3	5,7	0,2	
	40	5,6	0,1	14,4	0,8	8,1	0,4	5,9	0,2	
	45	5,7	0,1	15,3	0,9	8,5	0,4	6,1	0,2	
	50	5,8	0,1	16,2	0,9	8,9	0,4	6,2	0,1	
	55	6,—	0,2	17,—	0,8	9,3	0,4	6,3	0,1	
16^{30}	60	6,1	0,1	17,6	0,6	9,6	0,3	6,5	0,2	
	65	6,2	0,1	18,2	0,6	9,9	0,3	6,7	0,2	
	70	6,3	0,1	18,7	0,5	10,3	0,4	6,9	0,2	
	75	6,4	0,1	19,1	0,4	10,7	0,4	7,—	0,1	
	80	—		19,5	0,4	11,—	0,3	7,1	0,1	
	85	6,5	0,1	19,8	0,3	11,4	0,4	7,3	0,2	
	90	—		20,1	0,3	11,7	0,3	7,4	0,1	
	95	—		20,3	0,3	12,—	0,3	7,6	0,2	
	100	—		20,5	0,2	12,3	0,3	7,7	0,1	
	105	6,6	0,1	20,8	0,3	12,7	0,4	7,8	0,1	
	110	6,7	0,1	21,—	0,2	13,—	0,3	7,9	0,1	
	115	—		21,2	0,2	13,3	0,3	8,1	0,2	
17^{30}	120	6,8	0,1	21,3	0,1	13,6	0,3	8,2	0,1	
19^{30}		—		22,4	1,1	20,7	7,1	13,4	5,2	
			2,3		17,4		16,1		8,9	

Versuchsreihe II 5

Blut (Katal.)		2 cmm		2 cmm		2 cmm		2 cmm		
Verdünn.-Flüssigk.		5 ccm		5 ccm		5 ccm		5 ccm		
H_2O_2-Lös.		5 ccm	4%	5 ccm	8%	5 ccm	16%	5 ccm	30%	
Zeit		Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O_2 i. ccm	Wasserstand i. d. Bürette	entwick. O^2 i. ccm	Bemerkungen
Std.	Min.									
10′	0	4,5		4,9		5,—		4,7		
	5	4,7	0,2	5,1	0,2	5,2	0,2	4,8	0,1	Temperatur 0° C.
	10	5,—	0,3	5,2	0,1	5,4	0,2	5,—	0,2	
	15	5,3	0,3	5,4	0,2	5,6	0,2	5,2	0,2	
	20	5,6	0,3	5,6	0,2	5,8	0,2	5,4	0,2	
	25	5,9	0,3	5,8	0,2	5,9	0,1	5,6	0,2	
	30	6,2	0,3	6,—	0,2	6,—	0,1	5,8	0,2	
	35	6,4	0,2	6,2	0,2	6,2	0,2	6,—	0,2	
	40	6,6	0,2	6,4	0,2	6,3	0,1	6,1	0,1	
	45	6,8	0,2	6,5	0,1	6,4	0,1	6,2	0,1	
	50	7,—	0,2	6,7	0,2	6,5	0,1	6,3	0,1	
	55	7,2	0,2	6,8	0,1	6,6	0,1	6,4	0,1	
11′	60	7,4	0,2	6,9	0,1	6,7	0,1	6,5	0,1	
	65	7,7	0,3	7,—	0,1	6,8	0,1	6,6	0,1	
	70	7,9	0,2	7,1	0,1	6,9	0,1	6,7	0,1	
	75	8,1	0,2	7,2	0,1	7,—	0,1	6,8	0,1	
	80	8,3	0,2	7,4	0,2	7,2	0,2	6,9	0,1	
	85	8,5	0,2	7,5	0,1	7,3	0,1	7,—	0,1	
	90	8,7	0,2	7,6	0,1	7,4	0,1	7,1	0,1	
	95	8,9	0,2	7,7	0,1	7,6	0,2	7,2	0,1	
	100	9,1	0,2	7,8	0,1	7,7	0,1	7,3	0,1	
	105	9,3	0,2	8,—	0,2	7,8	0,1	7,4	0,1	
	110	9,4	0,1	8,1	0,1	7,9	0,1	7,5	0,1	
	115	9,6	0,2	8,2	0,1	8,—	0,1	7,6	0,1	
12′	120	9,8	0,2	8,3	0,1	8,1	0,1	7,7	0,1	
14′		15,2	5,4	11,2	2,9	10,7	2,6	10,5	2,8	
			10,7		6,3		5,7		5,8	

Zusammenfassung.

Es wurden Untersuchungen über die Wirkungsweise der Blutkatalase von 2 cmm Blut bei verschiedenen H_2O_2-Konzentrationen angestellt.

In Bezug auf die Dynamik der Blutkatalase wurde gefunden, daß

1. die O_2-Entwicklung zu Beginn der Reaktion bei allen Konzentrationen einen Anstieg und im Verlauf der Reaktionen einen Abfall zeigt,
2. der größte Anstieg und die größte O_2-Entwicklung bei 0,5% und 1% H_2O_2 liegen,
3. gleichgroße O_2-Mengen insgesamt bei Konzentrationen über 2% H_2O_2 gebildet werden,
4. ein anfänglich hemmender Einfluß bei hohen Konzentrationen stattfindet,
5. eine bestimmte Katalasenmenge eine bestimmte O_2-Menge freimachen kann, unabhängig von der Konzentration,
6. Katalase kein Katalysator im Ostwald'schen Sinne ist, sondern ein Agens mit einer sich erschöpfenden Energie,
7. keine Katalasezerstörung durch noch so hohe H_2O_2-Konzentrationen eintritt.

Die Scheu vor der Verwendung der hohen H_2O_2-Konzentrationen ist unberechtigt, wir folgen Senter in dieser Hinsicht nicht. Im Gegenteil bietet die Verwendung hoher Konzentrationen H_2O_2-Lösungen den Vorteil einer gleichmäßigen, kontinuierlichen Zersetzung für längere Zeit als bei schwachen Konzentrationen. Es ist wohl sehr möglich, daß bei klinischen Untersuchungen mit der Verwendung der hohen Konzentration besondere Vorteile verbunden sind.

Am Schlusse meiner Arbeit angelangt, habe ich die ehrenvolle Pflicht, Herrn Professor Dr. Koeppe für die liebenswürdige Unterstützung bei der Abfassung derselben meinen herzlichsten und ergebensten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Senter: Das wasserstoffsuperoxydzersetzende Enzym des Blutes.
Ztschr. f. phys. Chemie Bd. 44 S. 257, 1903.

Jolles: Katalysatoren vom physiologisch-chemischen Standpunkte.
Separatabdruck aus der Wiener Med. Wochenschrift 1905.

Jolles u. Oppenheim: Beiträge zur Kenntnis der Blutfermente.
Separatabdruck aus Virchows Archiv für Path,, Anatom. u. Physiol. 180 Bd. 1905.

Bischoff: Über die katalytische Wirkung des Blutes mit besonderer Berücksichtigung des Kindesalters.
Sonderabdruck aus Arch. für Kinderheilk. Bd. 82 1927 Heft 2—3.

A. Bach u. Zubkova: Über die Fermentzahlen des Blutes.
Biochem. Ztschr. Bd. 1925 S. 283 1921.

Bredig: Anorganische Fermente, Leipzig 1901.

Gottfried Heyse: Über die Messung der Katalase des Blutes.
Inaugural-Diss. Gießen 1922.

Schellhase: Über die Katalase der Milch.
Inaugural-Diss. Gießen 1907.

J. Schmitt: Über die Katalase des Blutes.
Inaugural-Diss. Gießnn 1928.

v. Torday u. v. Dalmady: Die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds durch das Blut.
Wiener klinische Wochenschrift 1907 Nr. 16.

H. Jost: Zur Methodik der Bestimmung der Blutkatalase.
Inaugural-Diss. Gießen 1928.

Lesser: Zur Kenntnis der Katalasen.
Ztschr. für Biologie Bd. 48.

Wohlgemuth: Grundriß der Fermentmethoden 1913.

H. Schade: Medizinisch-katalytische Studien.
Habilitationsschrift Kiel 1907.

H. Schade: Katalyse und Stoffwechsel, Kiel 1907.

Lebenslauf.

Ich, Jakob Pleßner, bin am 22. 1. 1897 zu Lodz geboren. Nach häuslicher Vorbereitung trat ich im Jahre 1907 in die Lodzer Handelsschule ein, die ich 8 Jahre besuchte und im Jahre 1915 absolvierte. Infolge der durch den Krieg hervorgerufenen Verhältnisse mußte ich von der Fortsetzung meiner Studien zunächst absehen; erst im Februar 1918 bot sich mir die Gelegenheit, die 8klassigen Fachkurse zu besuchen, die ich nach einem Jahr bei der durch den russisch-polnischen Krieg verursachten Schließung mit einem Zeugnis verließ. Da ich mich dem Hochschulstudium widmen wollte, trat ich im Jahre 1921 in die amtlichen Fortbildungskurse ein, die ich 11 Monate besuchte, und legte dann im Jahre 1922 von einer durch das Kuratorium des Lodzer Schulbezirks ernannten Prüfungskommission meine Reifeprüfung ab. Im Herbst 1922 wandte ich mich dem Studium der Medizin zu und studierte 2 Semester an der Universität zu Gießen. Wegen wirtschaftlicher und familiärer Verhältnisse unterbrach ich dann mein Studium für die folgenden 2 Semester. Vom Wintersemester 1924/25 ab bis zum Wintersemester 1926/27 einschließlich studierte ich wieder in Gießen. Dann zwang mich die wirtschaftliche Lage nochmals, mein Studium für 2 Semester zu unterbrechen. Mit der Wiederaufnahme meines medizinischen Studiums besuchte ich auch die letzten 3 Semester ⟨vom Sommersemester 1928 bis Sommersemester 1929 einschließlich⟩ die Universität zu Gießen.

Druckfehlerberichtigung.

Seite 35, 5. Zeile von oben muß es heißen: leistungsunfähig statt leistungsfähig.